

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 58-019438

(43)Date of publication of application : 04.02.1983

(51)Int.Cl.

C21D 9/08  
// C22C 38/06  
C22C 38/48

(21)Application number : 56-117915

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 28.07.1981

(72)Inventor : FUJISHIRO YASUBUMI  
OTANI YASUO  
HASHIMOTO TAMOTSU

## (54) PRODUCTION OF STEEL PIPE HAVING HIGH STRENGTH AND HIGH TOUGHNESS

## (57)Abstract:

PURPOSE: To produce a steel pipe having high strength and high toughness by subjecting a welded steel pipe contg. specific ratios of C, Si, Mn, P, S, solAl to hardening and tempering treatments under specific conditions.

CONSTITUTION: The entire part of a welded steel pipe or seamless steel pipe consisting of one or both of base material parts and weld zones contg., by wt%, 0.05W0.30% C, 0.05W0.80% Si, 0.5W2.0% Mn,  $\leq 0.025\%$  P, 0.02W0.10% solAl, further contg.  $\geq 1$  kind among  $\leq 0.5\%$  Cu,  $\leq 2.5\%$  Ni,  $\leq 1\%$  Cr,  $\leq 1\%$  Mo,  $\leq 0.15\%$  Nb,  $\leq 0.15\%$  V according to need, and the balance Fe and unavoidable impurities, is heated within 2min from the Ac3 transformation point up to the temp. region of the equation I, and before the holding time (t) of the equation II is elapsed, the pipe is hardened. The pipe is heated up to the temp. region of 450° CWAc1 transformation point within 8min heating time from ordinary temp. and before the holding time exceeds 5min, the pipe is subjected to a tempering treatment by water or air cooling.

$$I \quad \frac{525 - 500}{100} \leq \frac{C + \frac{Mn}{10} + \frac{Si}{10} + \frac{P}{10} + \frac{S}{10} + \frac{Al}{10}}{100} \leq \frac{525 - 500}{100}$$

$$II \quad t \leq \frac{525 - 500}{100} \times \frac{1}{100}$$

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—19438

⑪ Int. Cl.<sup>3</sup>  
C 21 D 9/08  
// C 22 C 38/06  
38/48

識別記号  
C B G  
C B G

庁内整理番号  
7047—4K  
7147—4K

⑬ 公開 昭和58年(1983) 2月 4 日  
発明の数 2  
審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑭ 高強度・高靱性を有する鋼管の製造方法

住友金属工業株式会社中央技術  
研究所内

⑮ 特 願 昭56—117915

⑯ 発 明 者 橋本保

⑰ 出 願 昭56(1981) 7月28日

尼崎市西長洲本通 1 丁目 3 番地

⑱ 発 明 者 藤城泰文

住友金属工業株式会社中央技術  
研究所内

尼崎市西長洲本通 1 丁目 3 番地  
住友金属工業株式会社中央技術  
研究所内

⑲ 出 願 人 住友金属工業株式会社

大阪市東区北浜 5 丁目15番地

⑳ 発 明 者 大谷泰夫

㉑ 代 理 人 弁理士 富田和夫

尼崎市西長洲本通 1 丁目 3 番地

明 細 書

1. 発明の名称

高強度・高靱性を有する鋼管の製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) C : 0.05 ~ 0.30 %、

Si : 0.05 ~ 0.80 %、

Mn : 0.5 ~ 2.0 %、

P : 0.025 % 以下、

S : 0.015 % 以下、

sol. Al : 0.02 ~ 0.10 %、

Feおよび不可避不純物：残り、

からなる組成（以上重量％）の母材部および溶接部のいずれか、または両方を有する溶接鋼管、あるいは前記組成の継目無し鋼管の全体を、Ac<sub>1</sub>変態点から、

$$\frac{7400}{1.95 - \log[Al\%][N\%]} - 432 \leq T(^{\circ}C) \leq \frac{7400}{1.95 - \log[Al\%][N\%]} - 323$$

（以上重量％）で示す温度域Tまで、2分以内で昇温し、保持時間t（分）が、

$$t = 6.58 \times 10^{-7} (1000 - T)^{2.86} + 1$$

を越えないうちに焼入れし、ついで常温から、昇温時間を8分以内として450℃～Ac<sub>1</sub>変態点の温度域まで昇温後、保持時間が5分を越えないうちに水冷または空冷の焼戻し処理を施すことを特徴とする高強度・高靱性を有する鋼管の製造方法。

(2) C : 0.05 ~ 0.30 %、

Si : 0.05 ~ 0.80 %、

Mn : 0.5 ~ 2.0 %、

P : 0.025 % 以下、

S : 0.015 % 以下、

sol. Al : 0.02 ~ 0.10 %、

を含有するとともに、さらに、

Cu : 0.5 % 以下、

Ni : 2.5 % 以下、

Cr : 1 % 以下、

Mo : 1 % 以下、

Nb : 0.15 % 以下、

V: 0.15%以下、

のうちの1種以上を含有し、

Feおよび不可避不純物：残り、

からなる組成(以上重量%)の母材部および溶接部のいずれか、または両方を有する溶接鋼管、あるいは前記組成の継目無し鋼管の全体を、 $A_c_3$ 変態点から、

$$\frac{7400}{1.95 - \log(A1\%)}(N\%) - 432 \leq T(^{\circ}C) \leq \frac{7400}{1.95 - \log(A1\%)}(N\%) - 323$$

(以上重量%)で示す温度域Tまで、2分以内で昇温し、保持時間t(分)が、

$$t = 6.58 \times 10^{-7} (1000 \sim T)^{3.85} + 1$$

を超えないうちに焼入れし、ついで常温から、昇温時間を8分以内として450℃～ $A_c_3$ 変態点の温度域まで昇温後、保持時間が5分を超えないうちに水冷または空冷の焼戻し処理を施すことを特徴とする高強度・高靱性を有する鋼管の製造方法。

### 3. 発明の詳細な説明

この発明は、高強度・高靱性を有する鋼管の製

造方法に関するものである。

近年、世界的なエネルギー需要の増大により、アラスカ等の苛酷な地にも大規模な油田、天然ガス田開発の波が押し寄せ、このような苛酷な環境にも耐え得る鋼管の需要が急増しつつあるうえ、その開発規模の大型化や効率的な輸送が指向されてきていることなどから、これらの鋼管にはますます高強度および高靱性の性能が要求されている。

従来、高強度で高靱性という2つの性質を同時に兼ね備えた鋼管を得るための1つの方法としては、鋼管をそのまま加熱炉に入れて長時間加熱して焼入れし、焼戻しする処理(パイプQT処理)が知られていた。

しかしながら、このような従来の炉加熱による長時間加熱・長時間熱処理法では、高強度の性能を得るためには鋼管素材中にNi, Cr, Mo等の種々の合金元素を多量に添加する必要があり、溶接性や材料コストの点から非常に不利なものであつた。また、短時間加熱で高強度を得易い誘導加熱による鋼管の製造法も開発されているが、この方法で

製造された鋼管は、靱性のばらつきが大きくなる等の欠点を有していた。

本発明者等は、上述のような観点から、誘導加熱による急速加熱、短時間熱処理の焼入れ・焼戻し法で高強度と高靱性を有する鋼管を製造すべく研究を行なつた結果、

(a) 鋼の焼入れ時にオーステナイト結晶粒が粗大化せず、かつ炭化物を極力固溶させて析出効果を有効に作用させることができる高温加熱を行ない、

(b) 焼入れ時にオーステナイト粒が異常成長を起さない範囲の短時間保持を行ない、

(c) 焼戻し時にも短時間加熱で強度の低下を防ぐと、十分な強度と靱性を有する熱処理鋼管を、特別な合金元素の添加を極力行なわずに安価に製造し得るとの知見を得たのである。

すなわち、低コストの高強度・高靱性を有する鋼管が、鋼自身の成分組成を調整することと、熱処理条件を規定することにより製造できるとの知見にもとづいてこの発明はなされたものであつて、

C: 0.05～0.30%(以下%は重量%とする)、

Si: 0.05～0.80%、

Mn: 0.5～2.0%、

P: 0.025%以下、

S: 0.015%以下、

sol. Al: 0.02～0.10%、

を含むか、またはさらに、

Cu: 0.5%以下、

Ni: 2.5%以下、

Cr: 1%以下、

Mo: 1%以下、

Nb: 0.15%以下、

V: 0.15%以下、

の1種以上を含有し、

Feおよび不可避不純物：残り、

からなる組成の母材部および溶接部のいずれか、または両方を有する溶接鋼管、あるいは前記組成の継目無し鋼管の全体を、 $A_c_3$ 変態点から、

$$\frac{7400}{1.95 - \log(A1\%)}(N\%) - 432 \leq T(^{\circ}C) \leq \frac{7400}{1.95 - \log(A1\%)}(N\%) - 323$$

で示す温度域Tまで、2分以内で昇温し、保持時

間  $t$  (分) が、

$$t = 6.58 \times 10^{-7} (1000 \sim T)^{0.58} + 1$$

を越えないうちに焼入れし(水冷、油冷、および空冷のいずれでもよい)、さらに常温から、昇温時間を8分以内として450℃～ $A_{c1}$ 変態点の温度域まで昇温後、保持時間が5分を越えないうちに水冷または空冷の焼戻し処理を施すことにより、高強度と高靱性とを併せ持つ鋼管を、低コストで製造する方法に特徴を有するものである。

つまり、この発明は、焼入れ時の加熱を急速加熱・短時間保持で鋼の組織を、細粒組織とし、焼戻し時の加熱を急速加熱・短時間保持として靱性回復をはかりつつ強度低下を抑えて、降伏強度が70 kg/mm<sup>2</sup>以上の高強度で、かつシャルピー衝撃値(vTs)が-80℃以下の鋼管を得ることに特徴を有するものである。

ついで、この発明の熱処理鋼管の製造方法において、鋼管の成分組成範囲および熱処理条件を上述のように限定した理由を説明する。

(a) C

量が0.02%未満では前記効果が十分ではなく、一方0.10%を越えて含有すると介在物が増大して靱性の劣化を来すことから、その含有量を0.02～0.10%と限定した。

(b) P

Pは、その含有量が0.025%を越えると鋼管の低温靱性を著しく低下するようになることから、その含有量を0.025%と限定した。

(c) S

Sは、その含有量が0.015%を越えると鋼管周方向の衝撃吸収エネルギーを著しく低下させるようになることから、その含有量を0.015%と限定した。

(d) Cu, Ni, Cr, Mo, Nb, および V

Cu, Ni, Cr, Mo, Nb, および V 成分は、いずれも強度上昇と靱性向上のために有効なものであるが、そのほか、Cu成分には耐食性の向上、Ni成分には低温靱性の向上、Mo成分には焼戻し脆性の防止という効果も備えられている。しかしながら、Cu成分の含有量が0.5%を越えると熱間脆性によ

C成分には、鋼管の強度を高める作用があるが、その含有量が0.05%未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方0.30%を越えて含有すると靱性を劣化させるようになることから、その含有量を0.05～0.30%と限定した。

(b) Si

Si成分は鋼の脱酸剤として添加するものであるが、その含有量が0.05%未満では脱酸の効果が十分でなく、一方0.80%を越えて含有すると、低温靱性が劣化するようになることから、その含有量を0.05～0.80%と限定した。

(c) Mn

Mn成分には、強度および靱性を向上する作用があるが、その含有量が0.5%未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方2.0%を越えて含有すると溶接性が大きく低下するようになることから、その含有量を0.5～2.0%と限定した。

(d) 0.04 Al

0.04 Alは鋼の脱酸剤として添加されるとともに、焼入れ時の粒成長抑制に有効であるが、その含有

る表面欠陥の発生がみられるようになり、Ni成分が2.5%を越えるとコストが許容限度以上に高くなり、そして、CrまたはMo成分が1%を、またNbまたはV成分が0.15%を越えると低温靱性および溶接性が劣化するようになることから、Cu成分の含有量を0.5%以下、Ni成分の含有量を2.5%以下、Cr成分の含有量を1%以下、Mo成分の含有量を1%以下、Nb成分の含有量を0.15%以下、V成分の含有量を0.15%以下とそれぞれ限定した。

(h) 熱処理条件

$$(i) \text{急速加熱温度域を } \left( \frac{7400}{1.95 - \log[Al\%](N\%)} - 432 \right)$$

$$℃ \text{ と } \left( \frac{7400}{1.95 - \log[Al\%](N\%)} - 323 \right) ℃ \text{ の間とした理由。}$$

鋼質の均一化、および析出物の有効活用のためには、焼入れ時の加熱温度は細粒組織が得られる限りできるだけ高温であることが望ましい。鋼管の細粒組織を得るためには最適加熱温度域が存在するものであるが、その温度は急速加熱時の加熱

温度とオーステナイト粒径の関係を示した第1図からも明らかなように、鋼中に含まれる80% AlおよびNの量から決定され、AlN完全固溶温度から50℃だけ低い温度になるものである。このAlN完全固溶温度 $T_0$ は、鋼中に含まれる80% Al量(%)およびN量(%)から次式を用いて求められるものである。

$$T_0 = \frac{7400}{1.95 - \log[Al\%][N\%]} - 273 \quad (C)$$

さらに、急速加熱によるオーステナイト化の場合、オーステナイト粒の粗大化温度は上述の $T_0$ より50℃低い温度に相当する。したがって、細粒組織を得るための急速加熱温度の上限値は、

$$\frac{7400}{1.95 - \log[Al\%][N\%]} - 323 \quad (C)$$

になる。また、実際の焼入れ作業の容易さを確保しつつ、析出型強化元素を有効に使用するためには、下限値を、

$$\frac{7400}{1.95 - \log[Al\%][N\%]} - 432 \quad (C)$$

・焼戻し材と差がなくなるのである。

なお、この発明の方法における鋼管中に含まれる不可避不純物たるNについては、通常100 Ppm以下、好ましくは50ppm以下に抑えるのがよい。

以上のごとく化学成分組成、および熱処理条件を選択することにより、低コストでかつ高強度・高靱性を有する鋼管を製造することができるのである。

つぎに、この発明を実施例により比較例と対比しながら説明する。

#### 実施例

それぞれ第1表に示される通りの成分組成を有する縫目無し鋼管を通常の方法にて製造し、ついでこれらの鋼管を同じく第1表に示される条件にてそれぞれ熱処理（焼入れおよび焼戻し時の冷却はすべて水冷）することによつて本発明鋼管1～13および比較鋼管1～6をそれぞれ製造した。なお、比較鋼管1～6は、いずれも熱処理条件がこの発明の範囲から外れた条件（第1表に無印に

#### 特開昭58-19438(4)

にすることが望ましいので、急速加熱温度 $T$ (℃)を、

$$\frac{7400}{1.95 - \log[Al\%][N\%]} - 432 \leq T \leq \frac{7400}{1.95 - \log[Al\%][N\%]} - 323$$

の範囲とした。

#### (ii) 焼入れ処理における昇温時間と保持時間

$A_{c_3}$ 変態点から $T$ ℃間の昇温時間を2分以内としたのは、2分を越えると第2図に示すように、結晶粒の成長を生じ、良好な靱性を得ることが難しくなるからであり、昇温後の保持時間 $t$ (分)を、 $t = 6.58 \times 10^{-7} (1000 \sim T)^{5.06} + 1$ を越えない範囲としたのは、第3図に示すように $t$ 分を越えると部分的に100μ以上の異常成長粒が生じて著しく混粒になり、靱性の劣化を招くようになるからである。

(iii) 焼戻し温度を450℃～ $A_{c_1}$ 変態点とし、その昇温時間と保持時間を限定した理由。

焼戻し温度を450℃～ $A_{c_1}$ 変態点の範囲からはずすと、すぐれた所望の強度および靱性を得ることができなくなり、昇温時間が5分を越えたり、保持時間が5分を越えたりすると、通常の焼入れ

鋼管種類	成分組成 (重量%)								焼入時			焼戻時			機械的性質		
	C	Si	Mn	P	S	N	sol. Al	その他	最高加熱温度 (℃)	Ac <sub>1</sub> 点以上の昇温時間 (分)	保持時間 (分)	最高加熱温度 (℃)	昇温時間 (分)	保持時間 (分)	降伏強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	シャルピー破面遷移温度 (℃)
本発明鋼管	1								1120°	1	1				52.5	54.2	-52
	2									2					50.9	52.0	-58
	3									1		650	1		50.0	51.7	-70
	4	0.15	0.26	1.32	0.010	0.004	0.0100	0.069 Nb:0.03 V:0.03							50.2	51.9	-73
	5											600			51.1	53.8	-76
	6												7		49.2	50.9	-74
	7								1000	0.5	0.5			0.5	51.2	52.3	-65
	8	0.15	0.25	1.33	0.008	0.006	0.0090	0.092 Cu:0.25							51.1	52.1	-67
	9	0.15	0.29	1.32	0.007	0.005	0.0087	0.025 Ni:0.25							51.3	52.9	-78
	10	0.15	0.25	1.30	0.008	0.006	0.0092	0.077 Cr:0.15							52.1	53.2	-60
	11	0.15	0.25	1.35	0.008	0.006	0.0091	0.076 Mo:0.25							53.7	54.8	-78
	12	0.15	0.27	1.33	0.007	0.007	0.0085	0.097							42.3	55.2	-96
	13	0.15	0.25	1.34	0.008	0.007	0.0097	0.090 Ni:0.09 Cr:0.15 Mo:0.15	650		30			1	50.7	57.2	-105
比較鋼管	1								1200°						54.2	56.1	-40
	2									5					52.1	53.3	-45
	3										15				53.4	54.2	-32
	4	0.15	0.26	1.32	0.010	0.004	0.0100	0.069 Nb:0.03 V:0.03	1000						53.5	58.1	-36
	5									1	0.5	400°			48.3	57.7	-70
	6											650	10	10	45.7	56.2	-75

第 1 表

て表示)で製造したものである。また、第1表にはこの結果得られた各種鋼管の機械的性質も合せて示した。

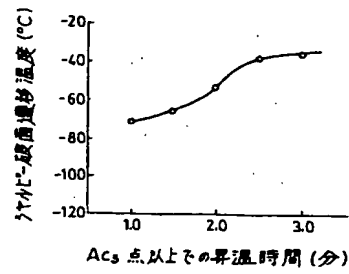
第1表に示す結果からも、本発明の方法によつて、高強度で、かつ低温靱性にすぐれた鋼管が得られることが明らかである。

上述のように、この発明によれば、比較的簡単な方法で、苛酷な使用条件に耐え得る高強度と高靱性を兼ね備えた鋼管を、低コストで得ることができるなど、工業上有用な効果がもたらされるのである。

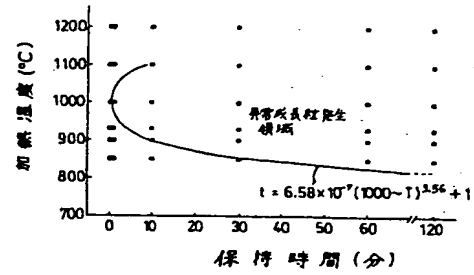
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は急速加熱時の加熱温度とオーステナイト粒径の関係を示す線図、第2図は焼入れ時の昇温時間とシャルピー破面遷移温度の関係を示す線図、第3図は焼入時のオーステナイト粒の異常成長の発生領域を示す加熱温度と保持時間との関係図である。

第2図



第3図



第1図

